

*Etude de Cas «
UMTS »*

Introduction

L'étude de cas présentée dans ce chapitre porte sur la décision de déploiement d'un réseau UMTS (« Universal Mobile Telecommunications System ») permettant la commercialisation de services de télécommunication mobile dits de troisième génération (« 3G »).

Il est particulièrement difficile de déterminer le bon « timing » de lancement d'une nouvelle technologie dans un marché concurrentiel. Si le lancement est prématuré, l'entreprise risque d'engager des investissements irréversibles dans une technologie non rentable. Mais si le lancement est plus tardif, l'entreprise s'expose au risque d'être préemptée par son (ses) concurrent(s).

Un tel contexte présentant une possibilité de report face à une forte incertitude se prête bien à une analyse optionnelle. De façon similaire, Harmantzis et Tanguturi (2007) ont réalisé une étude de cas fictive, dans laquelle ils évaluent, grâce aux options réelles, la possibilité de reporter la migration d'un réseau de télécommunications mobiles vers la « 3G ».

Ce chapitre se compose de trois sections.

- Dans la première section, nous présentons les données du cas. Nous expliquons en quoi les options réelles sont plus appropriées que les outils « classiques » tels que la VAN pour prendre ce type de décision.
- Dans la deuxième section, nous valorisons l'option, en utilisant et en comparant trois modèles de valorisation différents.
- Dans la troisième section, nous analysons quelle aurait été la contribution des options réelles au processus de décision de déploiement du réseau UMTS, si l'entreprise étudiée (« Mobitel ») avait utilisé cette approche.

Encadré 5.1 : Méthodologie suivie pour l'étude de cas du Chapitre 5

Notre contrat de recherche avec Mobitel, et l'accueil dans les locaux, nous ont offert un contact direct avec les managers, la possibilité de mener des entretiens et l'accès aux données (Boudreau & Robey, 2005). Pour maintenir la confidentialité, les noms de concurrents et les dates ont été changées, les échelles modifiées, et les résultats sont exprimés en unités monétaires (UM).

Nous avons procédé en trois phases principales. Tout d'abord, nous avons structuré la décision d'investissement et validé que le projet suivait bien une logique optionnelle. Ceci a été réalisé à travers l'analyse de documents internes, de rapports d'analystes financiers et d'analyses sectorielles.¹⁰⁶ Ce travail a été complété par une série d'entretiens semi-directifs au sein de Mobitel. Nous avons validé cette première phase d'analyse en donnant deux présentations auprès du département Stratégie et du département Finance de Mobitel.

Dans un second temps, nous avons estimé la valeur de l'option d'attente. Nous avons utilisé l'analyse réalisée dans la première phase pour déterminer les caractéristiques de l'option étudiée, et choisir les modèles de valorisation appropriés. Pour la valorisation de l'option, l'estimation des paramètres est cruciale. Nous avons eu accès à des données internes pour estimer la valeur de paramètres tels que le sous-jacent, le prix d'exercice ou le taux de dividende. Pour modéliser le profil des sources d'incertitude, nous avons utilisé des projections réalisées par des analystes financiers ou des instituts de recherche. Ces hypothèses ont ensuite été validées en donnant une présentation au sein du département Finance.

Enfin, nous avons analysé les résultats. Comme il est d'usage dans les études de cas sur les options réelles, nous avons comparé la VAN et la valeur d'option. En complément, exploitant nos observations sur le site ainsi que le matériel collecté lors des entretiens, nous avons étudié en quoi les options réelles pouvait améliorer le processus de décision de Mobitel dans son ensemble.

¹⁰⁶ Il existe une abondante littérature sur l'industrie des télécommunications mobiles, et sur la technologie UMTS en particulier : sites webs spécialisés (ex : www.UMTSforum), rapports réalisés par des cabinets de conseil spécialisés ou par des instituts de recherche (ex : Yankee Group, Forrester Group, Ovum). Des informations utiles sont également publiées par les autorités de régulation nationales et européennes.

SECTION 1 : ANALYSE STRATEGIQUE DE LA DECISION D'INVESTISSEMENT

I. La décision de lancement d'une nouvelle technologie : un arbitrage difficile entre engagement et flexibilité

I.1. Avantages et inconvénients du lancement rapide d'une nouvelle technologie

Le choix de la date de lancement d'une nouvelle technologie est crucial pour la rentabilité future et le positionnement concurrentiel d'une entreprise (Sull, 2005). Néanmoins, c'est une décision difficile, car elle nécessite de réaliser un arbitrage entre engagement et flexibilité (Ghemawat, 1991; Miller & Folta, 2002).

D'un côté, une mise sur le marché rapide permet de bénéficier d'avantages au premier entrant. Dans leur article fondateur, Lieberman et Montgomery (1988) identifient trois sources d'avantage compétitif généré par un lancement rapide : la domination technologique, la préemption d'actifs et les coûts de changement pour l'acheteur. Toutefois, les auteurs reconnaissent également le risque pour la firme pionnière d'engager de lourds investissements non récupérables dans une technologie qui peut s'avérer non rentable.

A l'inverse, le report du lancement permet à la firme de collecter plus d'informations sur la valeur économique potentielle de la nouvelle technologie. Mais dans ce cas, l'entreprise s'expose au risque d'être préemptée par ses concurrents. Cela peut conduire à une perte significative de parts de marché, et même à l'exclusion du marché si les coûts de changement pour le consommateur sont élevés.

Aujourd'hui, les managers ne disposent pas d'outils leur fournissant une réponse claire à ce dilemme sur la date de lancement (Lint & Pennings, 1999). En particulier, les méthodes de valorisation basées sur l'actualisation des cash-flows (VAN ou TRI) fournissent peu d'indications sur la date optimale d'investissement, car elles considèrent une opportunité d'investissement comme une décision se prenant « *maintenant ou jamais* ».

Deux principaux champs de la littérature ont étudié la question de la date d'entrée sur un marché dans un contexte de concurrence et d'incertitude sur la valeur du projet.

En économie industrielle, de nombreuses recherches ont conduit à identifier les avantages générés par une entrée rapide sur le marché. Celle-ci permet notamment à l'entreprise de bénéficier de coûts plus bas que le suiveur (Spence, 1979), et même dans certains cas de décourager l'entrée de rivaux potentiels (McGahan, 1993). Néanmoins, en économie industrielle classique, la littérature n'étudie pas véritablement la question du timing dans le cas d'une incertitude exogène (Kulatilaka & Perotti, 1998). Certains articles traitent de l'incertitude de marché, mais se concentrent plutôt sur la production que sur l'investissement comme moyen de préemption (ex: Appelbaum & Lim, 1985; Spencer & Brander, 1992).¹⁰⁷

En stratégie, les recherches sur l'avantage du premier entrant illustrant le lien entre ordre d'entrée sur un marché et part de marché ont été suivies par des recherches sur les inconvénients liés à la position de premier entrant (ex: Schnaars, 1994). Ainsi, dans le domaine de la stratégie, la littérature a mis à jour différents mécanismes, qui peuvent être bénéfiques soit pour le premier entrant, soit pour le suiveur. Mais elle ne donne pas au manager de règle de décision explicite pour déterminer dans quels cas il est préférable d'opérer un lancement rapide, ou au contraire de repousser l'introduction sur le marché (Lint & Pennings, 1999: 485)

¹⁰⁷ Dans ce dernier article, la section 4 est consacrée à l'engagement de capital, mais seulement dans le cas où l'incertitude porte sur les coûts du nouvel entrant, et non pas sur le niveau de la demande).

1.2. Les options réelles : un outil prometteur pour déterminer la date optimale d'investissement

Dans ce contexte, les options réelles constituent un outil prometteur pour effectuer l'arbitrage entre engagement et flexibilité (Miller & Folta, 2002). La logique optionnelle montre que l'attente a de la valeur, parce que le report d'un investissement donne à l'entreprise l'opportunité de collecter plus d'information sur la rentabilité potentielle du projet. Ainsi, McDonald et Siegel (1986) concluent qu'en cas d'incertitude, il peut être optimal de repousser un investissement, même si sa VAN est positive.

Toutefois, la littérature n'a pas démontré de façon empirique l'intérêt de recourir aux options réelles, pour déterminer la date optimale d'investissement en contexte concurrentiel.

Nous avons identifié dans la littérature trois études de cas détaillées étudiant l'option de report. Elles montrent qu'il peut être préférable de repousser un projet d'investissement, même si sa VAN est positive (Tzouramani & Mattas, 2004). Inversement, des projets ayant une VAN négative ne devraient pas être abandonnés, mais plutôt reportés, s'il existe une probabilité qu'ils deviennent profitables dans le futur (Benaroch & Kauffman, 2000; Garvin & Cheah, 2004).

De façon similaire, quelques études de cas ont été publiées sur des projets d'investissement pouvant être dissociés en plusieurs phases (Miller *et al.*, 2004; Miller & Park, 2004; Maklan *et al.*, 2005). Elles montrent que plutôt que de lancer un projet dans sa totalité, la décision concernant les phases ultérieures peut être repoussée, et analysée comme une option. Ainsi, la valeur totale du projet peut être positive, alors que la VAN qui valorisait le projet comme un tout parvenait à un résultat négatif. Cependant, pour diverses raisons, ces études de cas ne traitent pas de projets d'investissement dont la valeur est affectée par le risque de préemption. Dans certains cas, le projet étudié est interne à l'entreprise, visant à réduire les coûts et/ou à améliorer le taux de rétention des clients (Miller & Park, 2004 ; Maklan *et al.*, 2005). Dans d'autres études, l'entreprise est en situation de monopole ou de concurrence parfaite (Garvin & Cheah, 2004 ; Tzouramani & Mattas, 2004). L'entreprise peut également bénéficier d'une meilleure maîtrise de la technologie, si bien que les concurrents n'ont pas l'intention d'entrer sur le marché étudié (Benaroch and Kauffman 2000).

Comme nous l'avons indiqué dans le Chapitre 1,¹⁰⁸ les modèles pionniers de valorisation d'options réelles (ex : Brennan & Schwartz, 1985 ; McDonald & Siegel, 1986 ; Majd & Pindyck, 1987 ; Pindyck, 1988 ; Dixit 1989 ; Ingersoll Jr. & Ross, 1992) considèrent l'entreprise de façon isolée de ses concurrents. En conséquence, ils recommandent d'attendre trop longtemps avant d'effectuer l'investissement (del Sol & Ghemawat, 1999 : 45; Grenadier, 2000 : 100). Typiquement, ces modèles montrent qu'il est optimal de reporter l'investissement tant que la valeur actualisée des bénéfices du projet reste inférieure au double du coût d'investissement.

Les recherches plus récentes en univers oligopolistique montrent que la pression concurrentielle réduit la valeur d'option, et incite à investir plus rapidement (Lee, 1988 : 165; Trigeorgis, 1991). Lorsque le risque de préemption est élevé, le seuil d'investissement recommandé est beaucoup plus bas, et se situe aux alentours d'une VAN nulle (Grenadier, 2002; Lambrecht & Perraudin, 2003). Le résultat de l'arbitrage entre option d'attente et risque de préemption peut aussi dépendre du nombre d'investissements nécessaires pour couvrir la capacité du marché, du taux de croissance du marché et de la volatilité de la demande (Boyer *et al.*, 2004).

Il est donc crucial d'intégrer l'impact de la concurrence dans l'analyse optionnelle.

Dans cette étude de cas, nous proposons d'appliquer les options réelles à un cas réel de lancement d'une nouvelle technologie, en prenant en compte l'impact de la concurrence.

¹⁰⁸ Cf. Chapitre 1, section 1, § II.3.3. *Modèles d'option en univers concurrentiel*

II. Application : le cas du déploiement d'un réseau de téléphonie mobile

L'étude de cas présentée dans ce chapitre constitue un bon exemple de dilemme entre « engagement » et « flexibilité », et de l'insuffisance des outils d'aide à la décision traditionnels pour résoudre ce dilemme.

II.1. Contexte de la décision d'investissement étudiée

L'avènement de la « 3G », qui allait notamment permettre la généralisation de « l'internet mobile » a eu lieu dans un contexte euphorique. Les différents pays européens ont procédé sur la période mars 2000 – juin 2002 à l'attribution de licences UMTS, pour lesquelles les opérateurs ont, en moyenne, consenti à payer des prix très élevés (Tableau 5.1).

Tableau 5.1: Prix d'attribution des licences UMTS dans les principaux pays européens

Pays	Nb de licences/Nb total d'offres	Mode d'attribution	Montant total des licences (Md \$)	Coût par tête d'habitant	Durée (années)
Royaume Uni	5 / 5	Enchères	38.4	\$570	20
Espagne	4 / 4	Enchères	0.52 + %	\$12	20
Pays Bas	5 / 5	Enchères	2.7	\$153	15
Italie	5 / 5	Enchères	12.2	\$218	15
Allemagne	6 / 6	Enchères	50.8	\$551	20
France	2 / 4	Concours de beauté	9.9	\$152	15
Finlande	4 / 4	Concours de beauté	0	\$0	20
Danemark	4 / nd	Enchères	0.5	nd	nd
Belgique	3 / 4	Enchères	0.5	\$39	20
Autriche	6 / 6	Enchères	0.8	\$77	20

nd: non disponible

Sources: UMTS Forum, Kagan World Media Ltd., Qualcomm, and Spectrum Strategy Consultants

Toutefois, après l'éclatement de la « bulle télécoms », l'enthousiasme a progressivement fait place au doute. Tous les opérateurs européens ont ainsi repoussé le déploiement de leur réseau UMTS.

L'analyse de ce cas se situe en 2003, période à laquelle les indicateurs laissant présager une mauvaise rentabilité du réseau UMTS se multiplient. En particulier, on peut noter le lancement décevant de l'UMTS par l'opérateur « 3 » en Italie et au Royaume-Uni, ainsi que les déficiences techniques de l'UMTS (problèmes de compatibilité entre les différents équipementiers, mauvaise ergonomie des terminaux, etc.)

Cette étude de cas a pour cadre un pays européen dominé par deux opérateurs, que nous dénommerons « Mobitel » et « Comptel ». Les deux opérateurs ont acquis une licence UMTS, mais n'ont pas encore déployé de réseau correspondant.

La décision étudiée porte sur la date optimale de déploiement d'un réseau UMTS par Mobitel. Le calendrier initial prévoyait un déploiement du réseau UMTS fin 2003, ce qui aurait permis le lancement commercial de la 3G en décembre 2004. Compte tenu de la forte incertitude pesant sur le succès de l'UMTS, la question est de savoir s'il est opportun de reporter d'un an la décision de déploiement du réseau UMTS.

D'un côté, les opérationnels craignent que Mobitel se laisse devancer par Comptel, qui multiplie les annonces d'un lancement prochain de l'UMTS. Dans un tel cas de figure, on peut s'attendre à ce que Comptel prenne des parts de marché significatives à Mobitel, qui seront très difficiles à récupérer.

D'un autre côté, faut-il précipiter le lancement d'une nouvelle technologie, dont la rentabilité apparaît très incertaine ?

II.2. Analyse des alternatives possibles, et de leur rentabilité

Mobitel a la possibilité de reporter d'un an la décision de déploiement d'un réseau UMTS. A cette date, l'opérateur aura le choix entre trois alternatives : l'UMTS, l'EDGE ou le « statu quo ».

La technologie « EDGE »

EDGE (Enhanced Data rate for GSM Evolution) est une technologie concurrente de l'UMTS, parfois qualifiée de « 2,75 G », car elle offre des débits bien supérieurs au GSM, sans toutefois atteindre les débits de l'UMTS. Concrètement, EDGE permet à l'utilisateur d'avoir accès à presque toutes les applications offertes par l'UMTS, sauf celles nécessitant le transfert simultané de la voix et des données, comme la visiophonie.

EDGE est une version « avancée » du GSM. Pour déployer un réseau EDGE, il suffit donc de mettre à niveau les équipements existants. A l'inverse, l'UMTS est une technologie entièrement nouvelle, qui nécessite de tout reconstruire à la base. En conséquence, le coût d'investissement d'un réseau UMTS sera significativement plus élevé que celui d'un réseau EDGE. Pour le consommateur, les terminaux et l'abonnement seront plus onéreux avec l'UMTS qu'avec EDGE.

Le choix de la technologie EDGE apparaît donc moins risqué, et, en Europe, un opérateur italien a annoncé à la fin de l'année 2003 qu'il privilégierait cette technologie aux dépens de l'UMTS. L'intérêt pour EDGE ne s'est développé qu'à partir du moment où l'on a commencé à mettre en doute la rentabilité commerciale de l'UMTS. En conséquence, cette technologie n'est pas parfaitement au point, et son lancement par Mobitel interviendrait alors vers la fin 2005.

Le « statu quo » : densification du réseau GSM, en attendant l'arrivée d'une technologie supérieure à l'UMTS

L'autre alternative qui s'offre à Mobitel consiste tout simplement à maintenir la technologie GSM pendant quelques années supplémentaires. Mobitel devrait alors uniquement procéder aux investissements nécessaires pour densifier le réseau GSM, et ainsi pallier aux problèmes de capacité qui se profilent.

C'est une stratégie tout à fait réaliste, car Mobitel pourrait ensuite passer directement à la technologie supérieure, que l'on nommera ici la « 3.5 / 4G ». En effet, avant même le lancement de la « 3G », diverses publications mentionnent déjà une possible « 4G », sur laquelle les recherches progressent rapidement. Cette quatrième génération de téléphonie mobile permettrait la transmission de débits encore plus importants, et serait moins onéreuse à déployer que l'UMTS.

En résumé, quatre grandes possibilités s'offrent à Mobitel :

- Scénario S0 : lancement de l'UMTS en décembre 2004 ;
- Scénario S1 : lancement de l'UMTS en décembre 2005 ;
- Scénario S2 : lancement de EDGE en décembre 2005 ;
- Scénario S3 : « statu quo » : densification du réseau GSM en attendant l'arrivée d'une technologie supérieure à l'UMTS.

Ces différentes alternatives font l'objet de projections financières par Mobitel (Tableau 5.2).

Tableau 5.2 : Comparaison de la VAN des différents scénarii (*)

(en UM)	CF générés (V)	Investissement (I)	VAN (V-I)	VAN / I
S0 UMTS fin 2004	1 031	838	192	23%
S1 UMTS fin 2005	734	598	136	23%
S2 EDGE fin 2005	487	353	134	38%

Note (*): VAN incrémentale dégagée par rapport au scénario « statu quo »

C'est le scénario S0 prévoyant un lancement rapide de l'UMTS qui génère la VAN la plus élevée.

Les opérationnels soulignent qu'en cas de report, Mobitel serait devancé par Comptel. En effet, ce dernier a annoncé qu'il commercialiserait l'UMTS en juin 2005. Une telle situation nuirait significativement au positionnement concurrentiel de Mobitel. L'opérateur subirait à la fois des pertes de parts de marché, et une réduction de l'ARPU (Average Revenue Per Unit) provoquée par le départ des clients les plus rentables. C'est essentiellement ce risque de préemption par Comptel qui explique que la VAN du scénario 1 soit inférieure à celle du scénario 0.

De même, en dépit d'un coût d'investissement moindre, la technologie EDGE affiche une VAN inférieure à celle de l'UMTS. Ceci s'explique essentiellement par le fait que les applications offertes par EDGE sont plus limitées que celles de l'UMTS, et génèrent donc un ARPU moindre.

II.3. Un investissement risqué : présentation des principales sources d'incertitude

D'un autre côté, le déploiement d'un réseau UMTS nécessite un investissement très lourd, et il est irréversible. Or, comme le soulignent les responsables du département « Finance », les incertitudes qui pèsent sur la réussite de cet investissement sont nombreuses.

II.3.1. Une forte incertitude pesant sur le niveau de la demande

La principale source d'incertitude affectant la rentabilité du réseau UMTS porte sur le niveau de la demande. Les variables clé sont la vitesse de pénétration de l'UMTS, et le revenu moyen généré par abonné (ARPU). Le tableau 5.3 montre que la VAN du projet est très sensible à la valeur prise par ces paramètres.

Tableau 5.3 : Analyse de sensibilité de la VAN du projet UMTS (scénario S0) au niveau de la demande (en UM)

	Vitesse pénétration		ARPU données 3G		ARPU voix 2G	
	v		$Rd3G$		$Rv2G$	
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
	0.5	1.2	6	20	20	30
VAN (S0)	-85	520	-116	548	-80	465
VAN (S1)	-148	452	-139	468	-67	353
VAN (S2)	-52	361	-2	317	16	276

Incertitude sur la vitesse de pénétration de la technologie UMTS

Les résultats des calculs de VAN présentés dans le Tableau 5.2 reposent sur des hypothèses de vitesse de pénétration de l'UMTS relativement optimistes. En réalité, il est tout à fait envisageable que l'UMTS ne « décolle » pas de façon aussi rapide que prévu.

Par rapport au GSM, la principale innovation apportée par la technologie UMTS réside dans la possibilité de transmettre des données avec un débit important, et de façon simultanée avec la voix. Ces possibilités ouvrent la voie à de nombreuses applications, parmi lesquelles on peut notamment citer :

- La réception et l'envoi de courriers électroniques ;
- La visiophonie (téléphoner, tout en voyant l'image de son interlocuteur) ;

- La consultation d'internet, permettant par exemple, de gérer à distance son compte en banque, de lire les informations, de recevoir un bulletin météo, etc. ;
- Le commerce électronique.

Cependant, les études marketing, montrent que les consommateurs n'ont qu'un intérêt très limité pour « l'internet mobile ». Parmi les applications énumérées ci-dessus, aucune n'apparaît aux yeux des consommateurs suffisamment attractive pour justifier le prix d'un abonnement UMTS, qui est significativement plus élevé que celui d'un abonnement GSM (environ plus 20 à 30%).

En dehors du fait que ces différentes applications sont un peu perçues comme des « gadgets » accessoires, les terminaux n'offrent pas une ergonomie suffisante (poids, taille de l'écran, autonomie de la batterie) pour pouvoir bénéficier d'un bon confort d'utilisation. Il reste donc des efforts technologiques à produire sur ces aspects.

Ainsi, les débuts de l'opérateur « 3 » en Italie et au Royaume-Uni ont été décevants. Ce n'est finalement qu'en offrant des prix cassés sur la « voix » que cet opérateur a pu finalement augmenter le nombre d'abonnés, qui ne se montraient guère intéressés par la transmission de données !

Incertitude sur le revenu moyen généré par abonné (Average Revenue Per Unit)

Ce revenu moyen a deux composantes : une composante « voix » et une composante « données ». Lors de l'attribution des licences UMTS, et en se basant sur l'exemple du Japon, les opérateurs ont tablé sur le fait que la baisse continue de l'ARPU Voix serait compensée par une hausse de l'ARPU Données.

En Europe cependant, aucun élément ne permet d'étayer ce raisonnement. En particulier, il semble que les possibilités d'accroissement de l'ARPU Données aient été largement surestimées. Nous avons mentionné le faible intérêt des consommateurs pour l'internet mobile. Même si, à grands renfort de subvention de terminaux, les opérateurs parvenaient à convaincre les abonnés de « migrer » du GSM vers l'UMTS, il est bien possible que la consommation pour le transport de données reste faible, les consommateurs se contentant d'une utilisation occasionnelle d'applications nécessitant un débit assez faible (par exemple la consultation et l'envoi de courriers électroniques sans fichier attaché).

Inversement, l'érosion de l'ARPU Voix que l'on a pu constater au cours des années précédente semble s'arrêter. A l'avenir, rien ne dit que l'ARPU Voix – et donc la rentabilité d'une activité basée sur la technologie GSM – continuera de baisser.

II.3.2. Incertitudes concurrentielles et technologiques

Par ailleurs, au-delà de l'incertitude sur le succès de l'UMTS, Mobitel est soumis à une forte incertitude sur la stratégie suivie par son principal concurrent. Rien ne garantit que Comptel se conformera à son annonce de lancer commercialement l'UMTS en juin 2005. Comptel a déjà reporté à plusieurs reprises le lancement commercial de son offre UMTS.

Les responsables financiers soulignent que si Mobitel repoussait d'un an le lancement de l'offre UMTS, Comptel pourrait bien faire de même. Dans ce cas, la VAN du scénario S1 serait nettement plus favorable que celle indiquée dans le Tableau 5.2.

Enfin, il existe une incertitude sur la date d'émergence de la technologie qui succédera à l'UMTS (« 3.5G », voire 4G). Cette date impacte directement la valeur du scénario « statu quo », qui prévoit de densifier le réseau GSM, avant de passer directement à la 3.5 / 4G.

II.3.3. Une analyse de risque plus poussée : les simulations de Monte Carlo et le calcul de la Value-at-Risk (VaR)

Les analyses de sensibilité de la VAN telles que celle pratiquée dans le Tableau 5.3 ne constituent qu'une analyse de risque assez grossière. Une approche plus appropriée consiste à réaliser des

simulations de Monte Carlo sur la valeur de la VAN du projet UMTS, et à en calculer la Value-at-Risk (VaR). En effet, cette technique permet de faire varier en même temps les différentes sources d'incertitude, et de tenir compte également des corrélations entre ces sources d'incertitude.

Nous détaillons en Annexe 4 les hypothèses concernant le profil de risque des variables incertaines. Ces hypothèses permettent d'effectuer les simulations de Monte Carlo, et par suite de calculer la VaR du projet. Pour rappel, les sources d'incertitude que nous avons modélisées sont les suivantes : Vitesse de pénétration de l'UMTS, ARPU voix, ARPU données, stratégie suivie par Comptel et année d'émergence de la technologie supérieure à l'UMTS.

Les résultats du calcul de VaR présentés dans le Tableau 5.4 révèlent que les pertes potentielles générées par le projet UMTS peuvent être très lourdes : selon le seuil de confiance retenu, elles sont de l'ordre de 580 à 700 MU, alors que la VAN espérée du projet est de 136 MU.

Tableau 5.4 : Résultat du calcul de VaR du projet UMTS

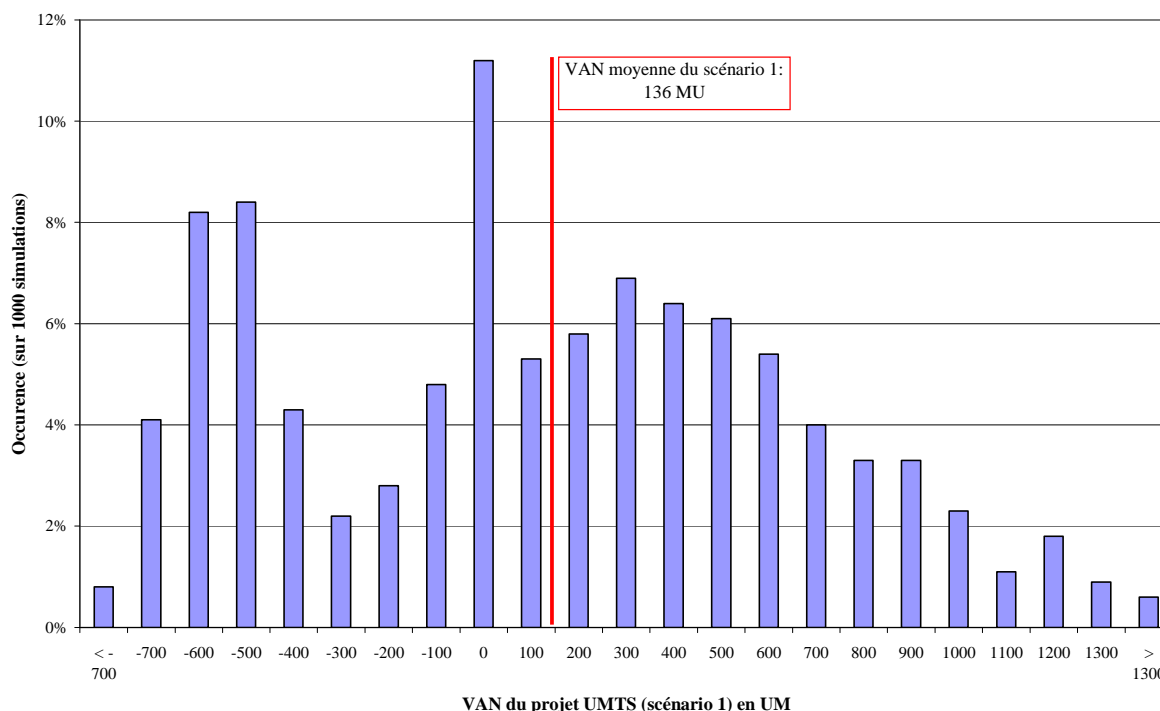
UM	Seuil de confiance		
	95%	90%	85%
VaR du projet UMTS^(*)	-692	-638	-582

Note : () : VaR calculée sur la VAN du scénario S1*

L'ampleur des pertes indiquée par la VaR s'explique par le fait que cet indicateur correspond aux pertes maximales auxquelles l'entreprise s'expose, lorsque toutes les sources d'incertitude prennent leur valeur la plus défavorable possible. A l'inverse, une simple analyse de sensibilité de la VAN (Tableau 5.3) n'indiquait que la perte enregistrée lorsqu'une seule source d'incertitude prenait sa valeur la plus défavorable.

En complément du calcul de VaR, il peut être intéressant d'étudier la distribution de la valeur du projet UMTS donnée par les simulations de Monte Carlo (Figure 5.1).

Figure 5.1 : Distribution de la VAN du projet UMTS obtenue par les simulations de Monte Carlo (UM)



L'analyse de l'ensemble de la distribution de la VAN du projet confirme les pertes très élevées (supérieures à 400 UM) pouvant être enregistrées par l'investissement dans un réseau UMTS (22% des tirages). Inversement, dans 23% des cas, les gains peuvent être très attractifs (VAN supérieure à 500 UM).

La courbe de distribution de la VAN montre aussi que dans 47% des cas, la VAN du projet UMTS est négative ou nulle.

Le fait d'avoir complété le calcul de la VAN moyenne par des simulations de Monte Carlo a permis de mieux cerner le risque du projet. Néanmoins, ces outils donnent une idée trompeuse de la rentabilité et du profil de risque du projet, car ils incluent des configurations peu réalistes. Si par exemple Mobitel repousse d'un an le lancement de l'UMTS, et s'aperçoit à l'issue de cette période que cette technologie n'est pas rentable, alors il ne déploiera pas de réseau UMTS !

III. Analyse optionnelle de la décision d'investissement

III.1. Principe de la démarche optionnelle

Les analyses réalisées précédemment, c'est-à-dire l'estimation de la VAN moyenne, les analyses de sensibilité de la VAN, et le calcul de la Value-at-Risk de la VAN sont des approches statiques : elles valorisent un projet d'investissement dans une configuration bien précise, sans possibilité d'évolution.

A l'inverse, l'approche par les options réelles envisage d'emblée que le projet d'investissement pourra être modifié au cours du temps en fonction de l'évolution des paramètres incertains.

Si Mobitel décide de ne pas lancer l'UMTS immédiatement, alors il se donne la possibilité, dans un an, de choisir entre trois stratégies :

- Scénario S1 : lancement de l'UMTS en décembre 2005.
- Scénario S2 : lancement de l'EDGE en décembre 2005.
- Scénario S3 : abandon de l'UMTS, et densification du réseau GSM pour pallier aux problèmes de capacité, en attendant l'émergence d'une technologie supérieure à l'UMTS.

Le choix du scénario le plus profitable sera alors nettement plus facile à effectuer qu'à la date d'aujourd'hui, car l'opérateur disposera à cette date là d'informations plus solides pour juger de la rentabilité du projet. En particulier, il pourra appuyer sa décision sur les éléments suivants :

1. Concernant la vitesse de pénétration de l'UMTS

- Mobitel pourra mieux juger de la capacité des équipementiers à fournir en quantité suffisante des terminaux répondant aux exigences des consommateurs ;
- L'intérêt des consommateurs pour l'internet mobile pourra s'être accru, si les fournisseurs de contenu ont réussi à mettre au point des offres attractives ;
- Mobitel pourra également élaborer des projections beaucoup plus sûres, en se basant sur la vitesse de pénétration de l'UMTS observée dans les pays qui auront lancé cette technologie. (en particulier l'opérateur « 3 » en Italie et au Royaume-Uni) ;
- Par ailleurs, Mobitel pourra également se baser sur les résultats obtenus par les opérateurs ayant fait le choix de la technologie EDGE, plutôt que de l'UMTS : dans la mesure où EDGE offre presque les mêmes fonctionnalités que l'UMTS, mais à un coût moindre, peut être cette technologie sera-t-elle appréciée des consommateurs ?

2. Concernant l'évolution de l'ARPU

- Mobitel pourra mieux juger si l'arrêt de la baisse de l'ARPU voix que l'on pouvait observer en 2002 - 2003 était temporaire, ou s'il correspond à un phénomène de longue durée.
- Mobitel pourra observer quels ARPU données ont été dégagés par les opérateurs ayant lancé l'UMTS dans d'autres pays d'Europe.

3. Concernant la stratégie de Comptel

Mobitel maintient une observation très attentive des investissements de son concurrent, notamment en matière d'acquisition de sites sur lesquels sont installés les antennes. Ainsi, dans un an, Mobitel disposera d'une vision plus précise de la stratégie de Comptel à l'égard de l'UMTS.

4. Concernant la date d'émergence d'une technologie concurrente à l'UMTS

Dans un an, Mobitel disposera d'éléments plus fiables quant aux progrès réalisés pour l'émergence d'une technologie de « quatrième génération ».

III.2. Caractéristiques de l'option étudiée dans le cadre du projet d'investissement « UMTS »

Le projet d'investissement de Mobitel dans l'UMTS peut donc être assimilé à une option d'attente, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- *Sous-jacent* : cash-flows générés par l'exploitation d'un réseau UMTS ;
- *Prix d'exercice* : investissement nécessaire pour déployer un réseau UMTS ;
- *Temps restant jusqu'à l'échéance* : un an.
L'option doit être exercée au plus tard dans un an : au delà de la fin 2004, Mobitel devra avoir pris une décision (UMTS, EDGE, densification du réseau GSM), sans quoi il risque d'être confronté à d'importants problèmes de capacité.
- *Type d'option* : option européenne

Il s'agit d'une option européenne, car l'option peut difficilement être exercée de façon anticipée. Ceci s'explique par deux raisons principales :

- L'investissement dans un réseau de télécommunications est une opération complexe et de grande envergure, qui nécessite une grande préparation. Pour des raisons techniques et organisationnelles, on peut raisonnablement estimer que la fréquence *maximale* de révision d'une telle décision est de l'ordre de 6 mois.
- Le phénomène de « révélation de l'information » est progressif. Dans le cas d'une option financière, le détenteur de l'option connaît exactement la valeur du « pay-off » en cas d'exercice anticipé. A l'inverse, si Mobitel souhaitait exercer son option d'attente de façon anticipée, l'opérateur le ferait en n'ayant réduit que de façon partielle l'incertitude affectant la valeur du sous-jacent, et donc du pay-off.

Dans la section 2, nous valorisons deux options différentes.

- Une option, appelée « option UMTS », dont l'exercice consiste à déployer un réseau UMTS. Nous noterons sa valeur VO (UMTS).
- Une option, appelée « option UMTS + EDGE », dont l'exercice consiste à déployer soit un réseau UMTS, soit un réseau EDGE. Nous noterons sa valeur VO (UMTS + EDGE). Cette option comporte plusieurs modalités d'exercice. Elle se distingue d'une option financière classique, et est donc plus complexe à valoriser.

Nous avons maintenant défini les caractéristiques de l'option étudiée, et sommes donc en mesure de déterminer les modèles de valorisation appropriés. Dans la section suivante, nous nous attacherons donc à valoriser l'option d'attente dont dispose Mobitel.

SECTION 2 : VALORISATION DE L'OPTION

Dans cette section, nous valorisons l'option d'attente détenue par Mobitel par trois méthodes différentes :

- Un modèle déterminant la valeur d'option de façon analytique : la formule de Black et Scholes, qui est le modèle analytique de référence pour la valorisation d'une option européenne simple.
- Le modèle des arbres binomiaux ;
- La méthode présentée en Chapitre 4 par les simulations de Monte Carlo.

I. Valorisation par le modèle de Black & Scholes

I.1. Détermination de la valeur des paramètres

I.1.1. Valeur du prix d'exercice (K)

Le prix d'exercice d'une option réelle correspond à l'investissement nécessaire pour lancer le projet. Concrètement, pour établir la valeur de ce paramètre, il faut prendre en compte les considérations suivantes.

1. Comme pour le calcul de VAN, il ne faut pas considérer l'investissement correspondant au projet lui-même, mais plutôt l'investissement additionnel nécessité par le projet par rapport au scénario « statu quo » (scénario S3).
2. Par ailleurs, il s'agit de l'investissement à consentir dans le cas où le projet est repoussé d'un an. Dans notre étude de cas, ce montant est différent de l'investissement à consentir si le projet UMTS est lancé immédiatement, notamment en raison des importants progrès techniques que l'on peut espérer réaliser sur une période de un an, pour une technologie comme l'UMTS qui n'a pas atteint sa maturité. Avec les notations que nous avons adoptées dans cette étude de cas, il faut donc prendre en compte $I(S1)$, et non pas $I(S0)$.
3. Une analyse détaillée des business plans des différents scénarios révèle que les coûts d'investissement peuvent être classés en deux catégories : certains sont fixes, tandis que d'autres peuvent être ajustés en fonction du trafic. Or, le modèle de Black et Scholes a été développé pour valoriser une option dont le prix d'exercice K est constant, quel que soit le cours du sous-jacent S au moment de l'exercice de l'option.
En conséquence, il ne faut inclure dans le prix d'exercice que les coûts d'investissement fixes. Les coûts d'investissements qui sont proportionnels au chiffre d'affaires seront réintégrés dans la valeur du sous-jacent.
4. Enfin, les valeurs sur lesquelles nous avons raisonné jusqu'à présent sont actualisées par rapport à l'année 2003. Il faudra les actualiser par rapport à l'année 2004, date d'échéance de l'option.

Ayant effectué ces quatre opérations, nous obtenons un prix d'exercice de 1 202 UM.

I.1.2. Valeur du sous-jacent (S)

La valeur du sous-jacent correspond aux cash-flows générés par le projet UMTS. En effectuant des opérations similaires à celles décrites pour le prix d'exercice, nous obtenons une valeur du sous-jacent égale à 1358 UM.

1.3.3. Valeur du paramètre de volatilité (σ)

A quoi le paramètre de volatilité σ correspond-il concrètement ?

Tout d'abord, il faut noter que ce paramètre décrit la volatilité suivie par les cash-flows *globaux* du projet, et non pas la volatilité de telle ou telle source d'incertitude à laquelle est soumis le projet. Ces cash-flows globaux ne sont pas ceux générés par le projet en tant que tel, mais correspondent en fait à la *différence* entre les cash-flows que l'on aurait obtenus si le projet avait été lancé (ici : scénario S1), et les cash flows que l'on aurait obtenus si le projet avait été abandonné (ici : scénario S3). Si l'on reprend les notations adoptées dans cette étude de cas, σ correspond donc à la volatilité de la valeur prise par V (S1-S3).

Plus précisément, dans le modèle de Black et Scholes, le paramètre σ correspond à la volatilité observée sur le *taux de rendement* μ de la valeur du projet, avec : $\mu = \ln [V(S1-S3) / V (S0-S3)]$.

Or, nous avons vu dans le calcul de VaR que les cash-flows générés par le projet UMTS sont soumis à plusieurs sources d'incertitude, qui présentent chacune une volatilité, et de manière générale, un profil de risque différents.¹⁰⁹ La plupart de ces sources d'incertitude (« ARPU Voix », stratégie de Comptel, date d'arrivée de la 4G) affectent également les cash-flows générés par le scénario « statu quo » (scénario 3).

Certains chercheurs suggèrent que la volatilité soit estimée intuitivement par le manager.¹¹⁰ On voit ici que cela n'a pas de sens d'attendre de la part du manager une estimation de la volatilité prise par la variable μ .

Afin de parvenir à une estimation plus correcte de la volatilité, Copeland et Antikarov (2001) recommandent de procéder à des simulations de Monte Carlo. Dans cette étude de cas, il faudrait alors simuler les valeurs prises par la variable $\mu = \ln [V(S1-S3) / V (S0-S3)]$. La valeur du paramètre σ correspondrait à la volatilité observée pour la variable μ sur l'ensemble des simulations réalisées.

Malheureusement, la définition du taux de rendement comme un logarithme n'est dans la pratique pas toujours possible. Pour un certain nombre de simulations, $V (S1-S3)$ prend en effet une valeur négative (cf. *section 2, IV. Comparaison des résultats obtenus par les différentes méthodes de valorisation*), et cela n'est donc mathématiquement pas possible d'en calculer le logarithme. Ce problème ne se pose pas dans la théorie, car le modèle de Black et Scholes fait l'hypothèse que le sous-jacent suit un mouvement brownien géométrique, et ne peut donc pas prendre de valeur négative.

Comme les simulations de Monte Carlo ne nous permettent pas de déterminer une valeur pour σ , nous calculerons la valeur de l'option pour différents taux de volatilité possibles, et effectuerons des analyses de sensibilité.

1.2. Résultats numériques

Le Tableau 5.7 récapitule la valeur de l'option d'attente établie par la formule de Black et Scholes pour différents niveaux de volatilité du sous-jacent.

¹⁰⁹ cf. Annexe 4

¹¹⁰ Cf. Approche « subjective » décrite par Borison, 2005

Tableau 5.5 : Valorisation de l'option UMTS par la formule de Black et Scholes

<i>UM</i>					
Sous-jacent	$V'(S1 - S3)$	1 358			
Prix d'exercice	$I'(S1-S3)$	1 202			
Taux d'actualisation	r	14.3%			
Durée (années)	T	1			
Volatilité	σ	20%	30%	40%	50%
Valeur de l'option "UMTS" (VO UMTS)		326	353	388	426

II. Valorisation par le modèle binomial

La Figure 5.2 détaille les calculs réalisés pour calculer la valeur de l'option « UMTS » par la méthode des arbres binomiaux. Elle représente l'arbre d'évolution du sous-jacent, puis l'arbre permettant de calculer la valeur de l'option.

Les paramètres nécessaires pour la valorisation de l'option sont les mêmes que pour le modèle de Black et Scholes. Nous sommes donc à nouveau confrontés au problème de l'estimation de la volatilité. Nous effectuerons donc des analyses de sensibilité sur la volatilité. Pour la Figure 5.2, nous avons pris une volatilité de 40% par an, soit 12% par mois.

Figure 5.2 : Exemple de valorisation de l'option « UMTS » par la méthode des arbres binomiaux

Sous-jacent à l'échéance	S	1 358												
Prix d'exercice UMTS	K	1 202	u	1,12										
Volatilité (par mois)	σ	12%	d	0,89										
Taux d'actualisation (par mois)	r	1,2%	p	0,52										
Valeur du sous-jacent														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1 358	1 524	1 711	1 920	2 155	2 419	2 715	3 047	3 420	3 839	4 308	4 836	5 428	
		1 210	1 358	1 524	1 711	1 920	2 155	2 419	2 715	3 047	3 420	3 839	4 308	
			1 078	1 210	1 358	1 524	1 711	1 920	2 155	2 419	2 715	3 047	3 420	
				960	1 078	1 210	1 358	1 524	1 711	1 920	2 155	2 419	2 715	
					856	960	1 078	1 210	1 358	1 524	1 711	1 920	2 155	
						762	856	960	1 078	1 210	1 358	1 524	1 711	
							679	762	856	960	1 078	1 210	1 358	
								605	679	762	856	960	1 078	
									539	605	679	762	856	
										480	539	605	679	
											428	480	539	
												381	428	
													340	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Exercice
	390	515	668	851	1 066	1 314	1 596	1 915	2 274	2 679	3 135	3 648	4 226	UMTS
		264	361	484	637	821	1 037	1 286	1 569	1 887	2 246	2 651	3 106	UMTS
			164	234	329	451	604	790	1 009	1 259	1 541	1 859	2 218	UMTS
				91	137	203	294	415	571	760	981	1 231	1 513	UMTS
					42	68	108	168	256	377	537	732	953	UMTS
						15	26	45	77	129	212	336	509	UMTS
							3	6	11	22	42	81	156	UMTS
								0	0	0	0	0	0	Abandon
									0	0	0	0	0	Abandon
										0	0	0	0	Abandon
											0	0	0	Abandon
												0	0	Abandon
													0	Abandon

Le Tableau 5.6 récapitule la valeur de l'option UMTS par la méthode des arbres binomiaux pour différents niveaux de volatilité du sous-jacent.

Tableau 5.6 : Valorisation de l'option UMTS par la méthode des arbres binomiaux

UM

Sous-jacent	$V' (S1 - S3)$	1 358			
Prix d'exercice	$I' (S1-S3)$	1 202			
Taux d'actualisation	r	14.3%			
Durée (années)	T	1			
Volatilité	σ	20%	30%	40%	50%
Valeur de l'option "UMTS" (VO UMTS)		325	354	390	430

III. Valorisation par les simulations de Monte Carlo

La première étape consistant à simuler les valeurs possibles du sous-jacent à l'échéance a déjà été effectuée lors du calcul de la VaR (section 1).

On peut dès lors, pour chaque simulation, aisément calculer le pay-off de l'option. Celui-ci correspond au maximum entre la VAN du scénario 1 et la valeur 0 (cf. cellule F29 dans la Figure 5.3). Si l'on souhaite valoriser l'option ouvrant également la possibilité d'un déploiement de EDGE (et non pas seulement un choix binaire entre l'UMTS et l'abandon), alors le pay-off correspond au maximum entre la VAN du scénario 1, la VAN du scénario 2 et la valeur 0 (cf. cellule F30 dans la Figure 5.3).

Figure 5.3 : Exemple d'une simulation, et du calcul du « pay-off » de l'option à l'échéance

	A	B	C	D	E	F	G
1	Paramètres incertains						
2	Code	Description			Valeur		
3	Rv 2G	ARPU Voix GSM		26,6			
4	Rd 2G	ARPU Données GSM		6,5			
5	Rd 3G	ARPU Données UMTS		13,2			
6							
7	v	Vitesse de pénétration de l'UMTS		0,72			
8							
9	D4G	Date d'émergence de la "4G"		2010			
10							
11	Stratégie Comptel			2			
12	Date de lancement par Comptel pour le scénario 3						
13		Date lancement UMTS		juin-05			
14		Date lancement EDGE		juin-05			
15							
16	Calcul de la VAN des différents scénarios (en UM)						
17	Code	Scénario	V	I			
18	S1	UMTS fin 2005	6 032	1 423			
19	S2	EDGE fin 2005	5 857	1 182			
20	S3	Statu quo	5 430	869			
21							
22	Cash-flows additionnels générés par rapport à une stratégie "statu quo" (S3)						
23	Code	Scénario	V	I	VAN		
24	S1	UMTS fin 2005	602	554	48		= D18 - D20
25	S2	EDGE fin 2005	427	313	114		
26							
27	Pay-off de l'option à l'échéance						
28	Option étudiée		Notation		Pay-off		Exercice
29	Option "UMTS"		VO (UMTS)		48		Oui (UMTS)
30	Option "UMTS + EDGE"		VO (UMTS + EDGE)		114		Oui (EDGE)
							= max (E24;E25;0)

A chaque simulation, la valeur des variables incertaines (cellules sur fond gris dans la Figure 5.3) change, et on calcule la valeur du pay-off correspondant. La valeur de l'option d'attente correspond alors à la moyenne des pay-offs observés au cours des n simulations.

Les valeurs d'option obtenues à l'issue de 1000 simulations sont, suivant la prise en compte ou non de l'alternative EDGE, indiquées dans le Tableau 5.7.

Tableau 5.7 : Valorisation de l'option UMTS et de l'option UMTS + EDGE par la méthode des simulations de Monte Carlo

(en UM)	Notation	Valeur d'option
Option UMTS	VO (UMTS)	310
Option UMTS + EDGE	VO (UMTS + EDGE)	341

IV. Comparaison des résultats obtenus par les différentes méthodes de valorisation

Nous avons retenu deux principaux critères de comparaison des méthodes de valorisation d'options réelles :

- La qualité numérique des résultats obtenus ;
- La facilité d'utilisation et l'acceptabilité par les dirigeants. Même si les résultats obtenus sont pertinents, encore faut-il que la méthode soit suffisamment simple et accessible pour pouvoir être appliquée dans le monde de l'entreprise.

IV.1. Qualité des résultats numériques obtenus

Tableau 5.8 : Comparaison des résultats obtenus avec différentes méthodes de valorisation d'option

<i>(en UM)</i>	Black & Scholes	Arbre binomial	Simulations de Monte Carlo
VO (UMTS)	326-426	325-430	310
VO (UMTS+EDGE)			341

L'analyse du Tableau 5.8 comparant les résultats obtenus par les trois méthodes appelle à deux principaux commentaires :

- Contrairement aux arbres binomiaux et au modèle de Black et Scholes, les simulations de Monte Carlo permettent de valoriser des options complexes.
- On observe une divergence des résultats entre d'une part la méthode par les simulation de Monte Carlo, et d'autre part les arbres binomiaux et le modèle de Black et Scholes.

IV.1.1. Capacité à valoriser des options complexes

L'option d'attente dont dispose Mobitel est une option complexe, car il existe plusieurs modalités d'exercice à l'échéance : l'option peut être exercée soit en déployant un réseau UMTS, soit en déployant un réseau EDGE.

Comme nous l'avons indiqué dans le Chapitre 3, le modèle de Black et Scholes et la méthode des arbres binomiaux sont peu souples d'utilisation, et ne permettent de valoriser qu'une option simple, avec une seule modalité d'exercice (ici : le déploiement d'un réseau UMTS).

A l'inverse, avec la méthode des simulations de Monte Carlo, il a été possible de valoriser l'option offrant la possibilité de déployer soit EDGE, soit UMTS.

L'implication pour la décision d'investissement est double :

- Le modèle de Black et Scholes et les arbres binomiaux tendent à sous-évaluer l'option d'attente, car ils excluent la flexibilité supplémentaire offerte par la possibilité de déployer EDGE. A l'inverse, la méthode par les simulations de Monte Carlo montre bien que la valeur de l'option « UMTS+EDGE » est supérieure à la valeur de l'option « UMTS ».
- D'une manière générale, le modèle de Black et Scholes et les arbres binomiaux donnent une vision simpliste de la décision d'investissement, et excluent de la discussion toutes les hypothèses relatives à l'alternative « EDGE ».

IV.1.2. Divergence dans la modélisation du processus suivi par le sous-jacent

Le tableau 5.9 montre que les résultats obtenus par les arbres binomiaux et par la formule de Black & Scholes sont très proches (moins de 1% de différence). Ce résultat est logique, puisque la méthode des arbres binomiaux est une approximation du modèle de Black et Scholes.

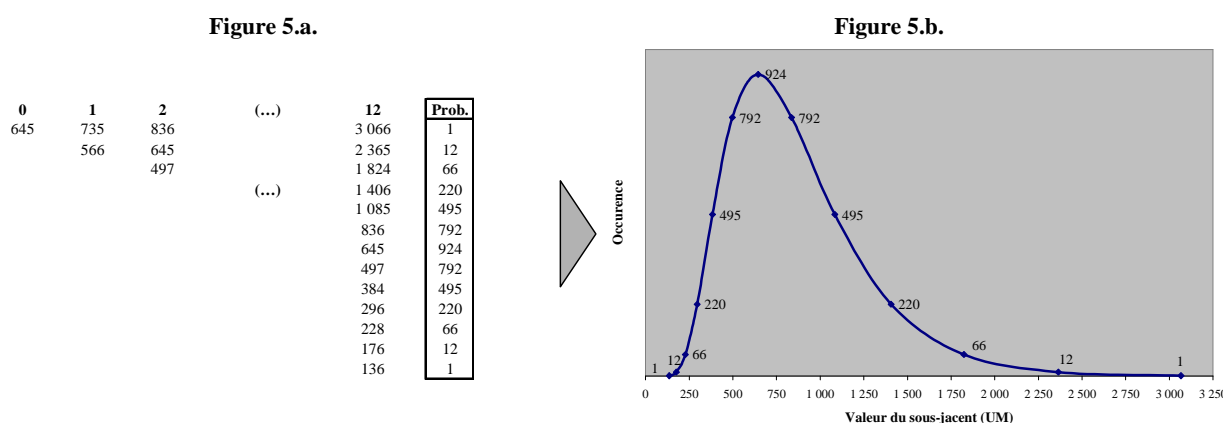
Tableau 5.9 : Comparaison des résultats du modèle des arbres binomiaux et du modèle de Black & Scholes

UM	Volatilité			
	20%	30%	40%	50%
Black & Scholes	326	353	388	426
Arbres binomiaux	325	354	390	430
% différence BS / arbres	-0,2%	0,3%	0,7%	0,8%

En revanche, le modèle de Black et Scholes et les arbres binomiaux conduisent à une valorisation supérieure à celle obtenue par les simulations de Monte Carlo (cf. Tableau 5.8). Cette divergence s'explique par le fait que les hypothèses concernant la distribution du sous-jacent à l'échéance sont différentes.

Le modèle de Black et Scholes, ainsi que le modèle des arbres binomiaux font l'hypothèse que le sous-jacent, c'est-à-dire la valeur des cash-flows dégagés par le projet étudié, suit un mouvement brownien géométrique (MBG). L'hypothèse du MBG implique que la distribution du sous-jacent à l'échéance suit une loi log-normale, comme indiqué dans la figure ci-dessous.

Figure 5.4 : Construction de l'arbre d'évolution du sous-jacent (fig. 5.4a.) et distribution du sous-jacent à l'échéance (fig. 5.4b.)



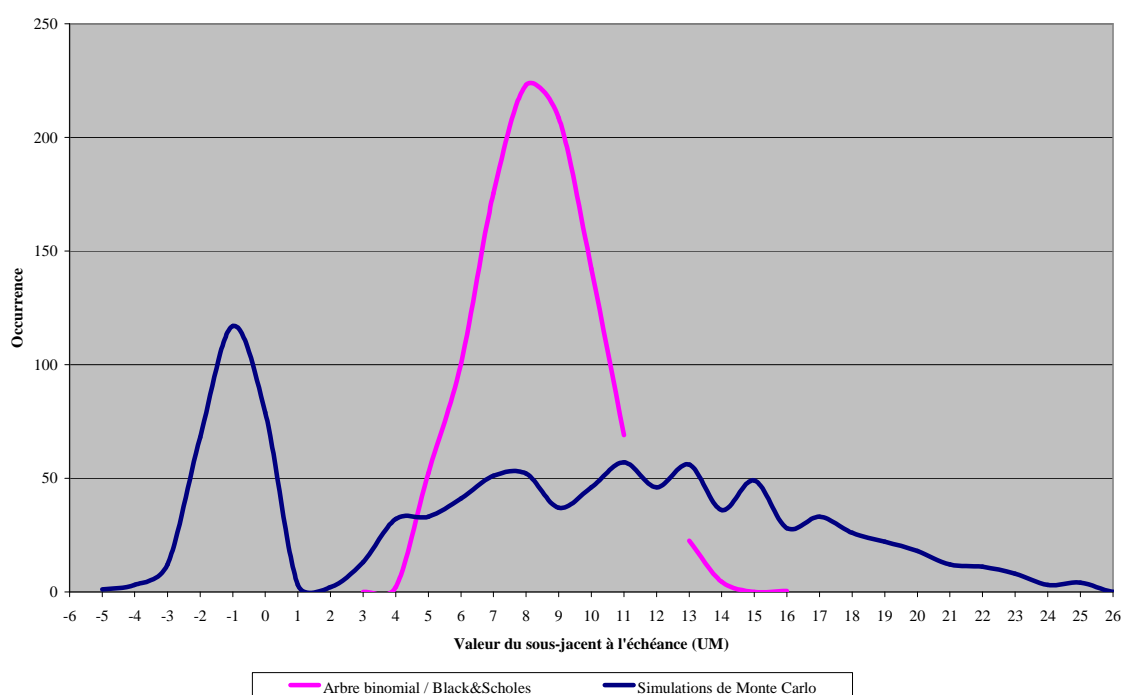
Par rapport aux deux modèles précédents, la méthode par les simulations de Monte Carlo ne nécessite pas de formuler d'hypothèse spécifique concernant la distribution du sous-jacent à l'échéance. Il s'agit seulement de préciser le profil de risque des différentes sources d'incertitude.¹¹¹ La distribution du sous-jacent à l'échéance est alors celle donnée par l'ensemble des simulations réalisées en appliquant les hypothèses concernant les sources d'incertitude.

La Figure 5.5 montre que la distribution révélée par les simulations de Monte Carlo est très éloignée de la distribution lognormale impliquée par l'hypothèse de MBG.

¹¹¹ cf. Annexe 4

- En particulier, une distribution log-normale ne génère que des valeurs positives pour le sous-jacent. Or, dans cette étude de cas, pas moins de 20% des simulations de Monte Carlo conduisent à des valeurs négatives pour le sous-jacent. Concrètement, ceci signifie que dans certains cas le projet UMTS génère des cash-flows inférieurs à ceux qui auraient été dégagés si Mobitel avait choisi de se concentrer sur la technologie GSM. Un tel cas de figure peut notamment se produire dans les scénarii où l'ARPU généré par les clients UMTS reste dans la fourchette basse des estimations. Les coûts importants de subvention des nouveaux terminaux (subscriber acquisition costs, ou SACs) ne sont alors plus compensés par la hausse de l'ARPU, ce qui conduit à des pertes opérationnelles.
- Par ailleurs, contrairement à la distribution log-normale, la distribution observée avec les simulations de Monte Carlo comporte plusieurs « pics », qui résultent des différentes stratégies de Comptel.

Figure 5.5 : Distribution de la valeur du sous-jacent à l'échéance suivant la méthode de valorisation d'option



IV.2. Facilité d'utilisation et acceptabilité par les dirigeants

Des logiciels ont été développés pour permettre aux utilisateurs de valoriser les options réelles par différentes méthodes, et notamment par la formule de Black et Scholes et par les arbres binomiaux.¹¹² En conséquence, la facilité d'utilisation des différentes méthodes de valorisation dépend essentiellement de la question de la valeur prise par les paramètres d'entrée.

La présente étude de cas constitue une bonne illustration de la difficulté pour le manager à estimer la valeur des paramètres de calcul lorsque la méthode utilisée est le modèle de Black et Scholes ou les arbres binomiaux. En l'espèce, deux paramètres ont posé problème : la volatilité et le prix d'exercice.

¹¹² Exemple : Real Options Toolkit, développé par la société Decisioneering.inc.

IV.2.1. Difficulté à estimer la volatilité du projet

Nous avons indiqué au début de cette section la difficulté à estimer la valeur du paramètre « volatilité » pour la formule de Black et Scholes et les arbres binomiaux. Ceci est particulièrement problématique, car le taux de volatilité retenu a un impact très marqué sur la valeur de l'option (cf. Tableau 5.9).

A l'inverse, la méthode par les simulations de Monte Carlo requiert de la part des utilisateurs d'indiquer la valeur et le profil de risque de paramètres qui correspondent à des éléments tangibles d'un business plan. Dans cette étude de cas, il s'agit du revenu par abonné (ARPU), de la vitesse de pénétration de l'UMTS, de la stratégie de Comptel et de la date d'émergence de la « 4G ». L'estimation de la valeur des paramètres de calculs est donc beaucoup plus aisée que pour les deux modèles précédents.

IV.2.2. Risque d'erreur dans l'estimation du prix d'exercice

Cette étude de cas illustre également les erreurs qui peuvent être commises dans l'estimation de la valeur du prix d'exercice.

Tableau 5.10 : Impact de la valeur du prix d'exercice sur la valeur d'option (valeur d'option calculée par la formule de Black & Scholes)

UM	Volatilité			
	20%	30%	40%	50%
Prix d'exercice = CAPEX totaux	249	260	276	297
Prix d'exercice = CAPEX fixes	326	353	388	426
% différence totaux / fixes	-24%	-26%	-29%	-30%

Nous avons indiqué au début de la section 2 que lorsque la formule de Black et Scholes ou les arbres binomiaux sont utilisés, la valeur du prix d'exercice correspond seulement au coût d'investissement fixe du projet.

Le Tableau 5.10 montre qu'une utilisation naïve du modèle de Black et Scholes dans laquelle on aurait pris la totalité du coût d'investissement comme prix d'exercice conduirait à une sous-estimation importante (25% à 30%) de la valeur de l'option.

Dans le cas de la méthode par les simulations de Monte Carlo, on ne s'expose pas à ce type d'erreur, car cette méthode n'impose pas la contrainte d'un prix d'exercice fixe.

IV.2.3. Acceptabilité du modèle de valorisation par les dirigeants

Trois principaux paramètres peuvent influencer sur l'acceptabilité par les dirigeants d'un modèle de valorisation.

- Le mécanisme utilisé pour la valorisation est-il compréhensible ?
- Le dirigeant a-t-il les moyens de juger de la pertinence de la valorisation ?
- Les compétences techniques requises pour comprendre et utiliser le modèle sont-elles importantes ?

Concernant le mécanisme de valorisation de l'option, on observe des différences importantes entre les différentes méthodes testées :

- Le modèle de Black et Scholes peut être comparé à une « boîte noire ».
- A l'inverse, le modèle des arbres binomiaux présente l'avantage d'être assez « parlant » pour le décisionnaire (Figure 5.2) : dans un premier temps, la construction d'un arbre d'évolution du sous-

jacent souligne le fait que la valeur du projet, telle qu'elle est estimée aujourd'hui, est soumise à une forte incertitude. Dans un deuxième temps, la construction de l'arbre pour calculer la valeur de l'option illustre clairement les stratégies possibles à l'échéance (ici : UMTS ou « statu quo ») suivant la valeur prise par le sous-jacent à l'échéance.

- Le modèle par les simulations de Monte Carlo est moins visuel que les arbres binomiaux, mais son principe de fonctionnement est aisé à comprendre pour les dirigeants : simuler les valeurs possibles du projet à l'échéance, sélectionner alors l'alternative la plus rentable, et calculer la moyenne des pay-offs sur l'ensemble des simulations.

Concernant la pertinence de la valorisation, celle-ci sera difficile à établir par le dirigeant dans le cas où la méthode utilisée est la formule de Black et Scholes ou les arbres binomiaux. En effet, nous avons vu que les paramètres d'entrée ne correspondent pas à des données observables.

Lorsque ces deux méthodes sont utilisées, le risque est donc que la valorisation de l'option réelle soit perçue comme un « exercice de style », et n'entre finalement que peu en compte dans la décision finale.

En revanche, la méthode par les simulations de Monte Carlo a été dans ce cas l'opportunité d'effectuer des hypothèses fines sur les principales sources d'incertitude, et leur impact sur la valeur du projet. Par exemple, il a fallu détailler les principales stratégies possibles de Comptel, et évaluer l'impact de chacune sur les cash-flows dégagés par Mobitel.

De même, plutôt que de raisonner sur des données moyennes, la méthode par les simulations de Monte Carlo a nécessité par exemple d'indiquer une fourchette pour l'ARPU généré par la 3G ou pour la vitesse de pénétration de l'UMTS.

Cette approche présente deux principaux avantages pour le processus de décision.

- Elle permet d'établir un dialogue entre d'une part les personnes qui soumettent le projet au comité d'investissement, et d'autre part les personnes qui prennent la décision d'investissement. En effet, les dirigeants peuvent avoir connaissance des hypothèses retenues pour la modélisation des différentes sources d'incertitude, et ainsi apprécier la pertinence de la valorisation.
- Elle permet aux dirigeants de mieux cerner les principales sources de risque du projet, alors que le risque est appréhendé de façon globale avec les deux autres méthodes de valorisation d'option.

Enfin, en matière de compétences requises, on peut noter que la méthode par les simulations de Monte Carlo présente l'avantage d'être le prolongement du calcul de VaR / de l'analyse des risques par les simulations de Monte Carlo, qui est déjà pratiquée par un certain nombre d'entreprises.

Pour la formule de Black et Scholes et les arbres binomiaux, il est possible soit d'effectuer un calcul sur Excel, soit de recourir à des logiciels spécialisés.

SECTION 3 : DISCUSSION : APPORT DES OPTIONS REELLES A LA DECISION DE LANCEMENT D'UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE

Au cours de la collecte de données et des interviews réalisées pour l'analyse par les options réelles, nous avons eu l'opportunité d'observer le processus de décision chez Mobitel. Dans cette section, nous discutons en quoi les options réelles – qui étaient ici mises en œuvre à titre de test, mais pas vraiment appliquées dans l'entreprise – auraient pu potentiellement améliorer le processus de décision.

Il nous semble que les contributions des options réelles peuvent être observées à deux moments du processus (Tableau 5.11) : pour la prise de décision initiale, et également pour le suivi de la décision, au cas où le déploiement de l'UMTS serait reporté.

Tableau 5.11: Apports potentiels de l'analyse optionnelle au processus de décision d'investissement

	Situation observée chez Mobitel	Contribution potentielle des options réelles
Améliorer le processus pour la décision initiale	Déploiement du réseau UMTS reporté, alors que la VAN recommandait un déploiement rapide	Recommandation plus pertinente que la VAN sur la date optimale d'investissement
	Désaccord entre les opérationnels (crainte de la préemption par Comptel) et les financiers (crainte d'engager des investissements importants pour une technologie non rentable)	Dialogue plus constructif entre les décisionnaires
Etablir des règles de conduite claire en cas de report de l'investissement	En raison du montant élevé payé pour la licence, attention concentrée sur l'UMTS, sans intérêt réel pour des solutions techniques alternatives	Plus grande facilité à renoncer au projet si les signes d'échec se multiplient Plus grande réactivité pour lancer une technologie alternative en cas d'abandon
	Pas de plan d'action détaillé établi lorsque la décision de report a été prise	En cas de report, identification et chiffrage des actions à mener pour collecter l'information et maintenir l'option en vie

Nous commentons ci-après les éléments récapitulés dans le Tableau 5.11.

I. Une meilleure compréhension de la date optimale d'investissement

La décision de la date de lancement d'un nouveau produit est basée sur la comparaison entre deux alternatives mutuellement exclusives : le lancement rapide, ou le lancement différé. Dans cette étude de cas, la VAN et les options réelles parviennent à deux recommandations opposées (Tableau 5.12).

Tableau 5.12 : Comparaison des résultats de la VAN et de l'approche optionnelle

Méthode	VAN		Options réelles		
			B&S	Arbres	MC
Indicateurs (UM)	VAN Scénario 0	192	192		
	VAN Scénario 1	136	326-426	325-430	317
	VAN Scénario 2	134			341
Décision	Lancement immédiat de l'UMTS $VAN S0 > VAN S1 > VAN S2$		Report de la décision d'investissement $VO > VAN S0$		

Rappel:	Scénario 0	Lancement immédiat de l'UMTS
	Scénario 1	Lancement dans un an de l'UMTS
	Scénario 2	Lancement dans un an de EDGE

La règle de la VAN recommande un lancement rapide de l'UMTS. En effet, en raison du risque de préemption par Comptel, la valeur du scénario « lancement différé » (Scénario 1) est inférieure à celle du « lancement rapide » (Scénario 0). Dans le cas de marchés concurrentiels, où la prime pour le premier entrant est élevée, la règle de la VAN est biaisée car elle prend en compte le risque lié à l'attente (la préemption), mais pas les bénéfices de l'attente (la réduction de l'incertitude).

Avec l'approche optionnelle, le scénario de lancement différé peut être valorisé comme une option, car il est toujours possible d'abandonner l'UMTS dans un an. Quelle que soit la méthode de valorisation utilisée, nous avons ici obtenu une valeur d'option qui est supérieure à la VAN du « lancement rapide ». Même si la VAN du « lancement rapide » est positive, l'analyse optionnelle recommande donc de repousser la décision d'investissement, et de ne choisir entre l'UMTS, EDGE ou le statu quo que dans un an.

L'exemple de Mobitel montre qu'en ayant recours aux options réelles, on peut aboutir à une recommandation plus pertinente que si on effectue un simple calcul de VAN.

Alors que la VAN recommandait un lancement rapide de l'UMTS, le management de Mobitel a décidé de repousser le déploiement du réseau UMTS, en attendant qu'il y ait des signes plus clairs concernant la rentabilité de cette technologie. Finalement, l'opérateur a choisi une solution intermédiaire, déployant la technologie UMTS dans les zones les plus densément peuplées, et la technologie EDGE dans le reste du territoire. Ainsi, comme le recommandait l'approche optionnelle, Mobitel a pris pleinement avantage de la flexibilité offerte par l'attente.

II. Un outil de dialogue entre les décisionnaires

Les décisions stratégiques font souvent intervenir de nombreux responsables et groupes, qui poursuivent des objectifs divergents (Astley *et al.*, 1982). Ceci est particulièrement le cas lorsque l'objet de la décision est le lancement d'un nouveau produit (Hickson *et al.*, 1989 : 383).

Chez Mobitel, nous avons constaté que, sur la question du déploiement d'un réseau UMTS, le dialogue entre les opérationnels et les responsables financiers était difficile :

- Les opérationnels étaient préoccupés par le risque de préemption par Comptel, et se positionnaient clairement en faveur d'un lancement rapide de l'UMTS.
- Inversement, les responsables financiers craignaient d'engager des coûts d'investissement élevés et irréversibles dans une technologie peu profitable. Aussi, ils étaient en faveur d'un report de la décision d'investissement.

Au delà de la valorisation proprement dite, l'une des contributions potentielles des options réelles aurait été pour les services financiers de montrer que le fait de reporter la décision d'investissement avait de la valeur.

Dans le même temps, l'analyse optionnelle prenait également en compte le risque de préemption par Comptel. L'un des avantages des options réelles aurait été ici de confronter au sein d'un même outil les préoccupations des différentes parties.

Ainsi, l'un des apports de l'analyse optionnelle est d'améliorer l'efficacité du processus de décision en créant un dialogue plus constructif entre les différentes parties prenantes.

III. Une réactivité accrue en cas d'évolution défavorable

Les options réelles ne sont pas seulement utiles pour prendre la décision initiale de lancement ou non de la nouvelle technologie. Elles préparent également le management à un abandon éventuel du projet, et l'incite à formuler des scénarios alternatifs dès le départ. Un tel travail d'anticipation peut être particulièrement utile lorsque le lancement est reporté, et que divers signaux indiquent que le projet a peu de chances d'être rentable.

III.1. Le biais « anti-échec » ou la difficulté à abandonner un projet

Royer (2003) a réalisé une analyse détaillée de deux innovations technologiques manquées. L'auteur décrit l'attachement émotionnel que les personnes ressentent à l'égard d'un projet, et leur réticence à abandonner les projets. Ainsi, des entreprises peuvent supporter pendant des années le poids de grands projets déficitaires.

Plusieurs biais cognitifs peuvent inciter le management à poursuivre un projet en dépit de signaux défavorables (Staw, 1981; Kahneman *et al.*, 1982). En particulier, le « sunk cost effect » ou « l'escalade des engagements » (« *escalation of commitment* ») correspond à la tendance qu'ont les décisionnaires à poursuivre des projets dans lesquels ils ont déjà effectué des investissements substantiels, alors qu'un choix rationnel devrait reposer uniquement sur les coûts et les bénéfices marginaux du projet. Dans le cas de Mobitel, des sommes très importantes avaient déjà été investies dans l'acquisition de la licence UMTS. Nous avons pu observer que l'analyse était concentrée sur le seul scénario « UMTS », comme s'il n'y avait pas d'autre alternative possible. Même lorsque le scénario « report » était envisagé, c'était dans la perspective d'attendre des jours meilleurs. Mais il ne s'agissait pas de remettre en cause la décision de lancer l'UMTS.

D'après McGrath (1999) ce type de biais « anti-échec » (“*anti-failure bias*”) peut être évité grâce au raisonnement optionnel. L'analyse par les options réelles reconnaît dès le départ qu'un projet est risqué et que les hypothèses peuvent dévier du plan initial. En cas d'évolution défavorable du contexte économique, cela ne sera pas vécu comme une erreur de gestion, et sur le plan émotionnel, il sera donc moins difficile pour l'organisation d'abandonner le projet.

III.2. Une autre perspective du risque que les outils traditionnels d'aide à la décision

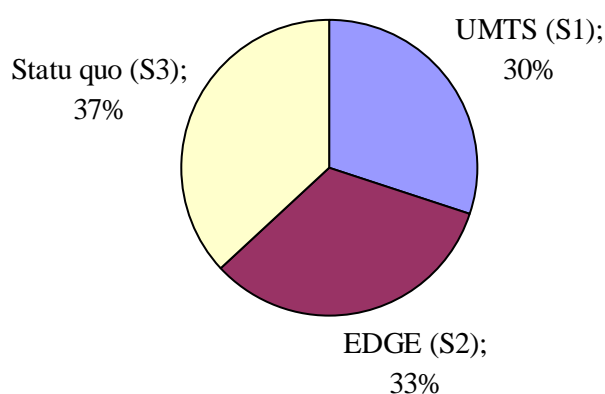
Des outils d'aide à la décision plus courants que les options réelles permettent au management de prendre conscience du risque d'échec du projet. Dans cette étude de cas, nous avons vu qu'une analyse de sensibilité de la VAN ou le calcul de la VaR permettaient de bien mettre en évidence l'éventualité d'un échec.

Plus précisément, ces outils permettent d'estimer quel est le montant maximum que l'entreprise peut perdre en cas d'échec du scénario principal (ici : l'UMTS). Le risque est envisagé ici dans une perspective de « pari », où l'entreprise se concentre sur un seul scénario possible. Dans cette logique,

ce qui prime pour les managers n'est pas tant la probabilité de succès du projet, que le montant des pertes maximales en jeu (March & Shapira, 1987).

Par rapport à ces outils, la contribution de l'analyse optionnelle est qu'elle incite les managers à envisager d'emblée plusieurs scénarii d'évolution de leur projet. Avec certaines méthodes de valorisation d'options – les arbres binomiaux et la méthode par les simulations de Monte-Carlo – il est possible d'estimer le pourcentage de réalisation de chaque scénario (cf. Figure 5.6).

**Figure 5.6 : Analyse de la stratégie optimale à l'échéance de l'option
(en % des simulations réalisées)**



Ainsi, l'analyse des résultats obtenus par la méthode des simulations de Monte Carlo révèle que l'UMTS ne correspond à la stratégie optimale à l'échéance que dans 30% des cas. Une analyse par les options réelles aurait permis au management d'accorder une plus grande attention à d'autres scénarios, comme la migration du réseau vers EDGE, permettant ensuite de passer directement à la 3.5G, voire à la 4G (33% de probabilité à l'échéance). Si l'UMTS devait être abandonné, Mobitel aurait ainsi pu être mieux préparé à rapidement réallouer ses ressources vers ces technologies alternatives.

III.3. Des indicateurs pour accélérer la prise de décision

Les recherches empiriques ont montré que l'évaluation quantitative d'un projet est réalisée au stade de la décision initiale, et que les entreprises ne font généralement pas l'effort de réactualiser cette valorisation par la suite (ex: Pennings & Lint, 2000).

Dans ces conditions, est-il réaliste de penser, comme le prévoit la logique optionnelle, que l'entreprise ré-évaluera régulièrement les différents scénarios possibles, et orientera son choix d'investissement en fonction des résultats de la dernière évaluation ?

L'une des solutions possibles consiste à exploiter les résultats de l'analyse optionnelle réalisée au moment de la décision initiale en mettant au point des « indicateurs ». Ce travail est possible lorsque la méthode de valorisation choisie est celle utilisant les simulations de Monte Carlo.

Dans cette étude de cas, nous avons ainsi analysé les données produites par 1000 simulations. Nous avons pu établir des valeurs seuil pour les indicateurs « vitesse de pénétration de la nouvelle technologie » et « ARPU données 3G » (cf. Tableau 5.13).

Mobitel pourra observer les performances obtenues par d'autres opérateurs ayant lancé l'UMTS dans d'autres pays européens. Si par exemple il s'aperçoit que l'ARPU données 3G réalisé par ces opérateurs est compris entre 12 et 13, mais que d'un autre côté, la vitesse de pénétration de l'UMTS n'est que de l'ordre de 0,7, alors il devra envisager sérieusement l'abandon de l'UMTS au profit de EDGE, voire du scénario « statu quo ».

Tableau 5.13 : Valeur des indicateurs permettant le déploiement du réseau UMTS

		Vitesse de pénétration de la nouvelle technologie (v)				
		<0.6	0,7	0,8	0,9	>1
ARPU données 3G (Rd 3G)	< 10	GSM	EDGE	EDGE	EDGE	EDGE
	10	GSM	EDGE	EDGE	EDGE	UMTS
	11	GSM	GSM	EDGE	EDGE	UMTS
	12	GSM	GSM	EDGE	UMTS	UMTS
	13	GSM	EDGE	UMTS	UMTS	UMTS
	14	GSM	GSM	UMTS	UMTS	UMTS
	> 14	GSM	UMTS	UMTS	UMTS	UMTS

La valorisation de l'option par les simulations de Monte Carlo permet donc de fixer à l'avance des règles de décision simples, et ainsi de faciliter un éventuel abandon du projet si les circonstances économiques l'exigent.

Ayant réalisé ce travail d'anticipation, l'entreprise sera dans l'avenir beaucoup plus réactive, et pourra s'adapter au plus vite à l'évolution du contexte économique. Pour reprendre Fayol (1916) : « *Prévoir, c'est à la fois supputer l'avenir et le préparer ; prévoir, c'est déjà agir* ».

IV. Des lignes directrices pour améliorer le processus de décision si l'investissement est repoussé

Les recherches empiriques ont montré que les décisions peuvent se prendre sur de longues périodes de temps (Butler *et al.*, 1991). En conséquence, les organisations ont besoin d'outils qui les guident au cours de tout le processus de décision.

Chez Mobitel, la direction avait décidé de repousser le déploiement du réseau UMTS, et de reconsidérer sa décision tous les six mois. Néanmoins, aucun plan détaillé n'avait été établi pour guider la décision dans l'intervalle, et pour créer les conditions de développement d'un scénario alternatif. C'était en quelque sorte « reculer pour mieux sauter ».

Dans ce contexte, l'un des apports des options réelles est d'identifier les actions nécessaires permettant de prendre la meilleure décision à l'avenir. Plus précisément, deux types d'actions doivent être entreprises :

- Des actions visant à réduire l'incertitude ;
 - Des actions permettant de maintenir l'option en vie, c'est-à-dire assurant l'existence d'une alternative viable au projet si celui-ci doit être abandonné à l'échéance de l'option.
- Par exemple, une des raisons évoquées pour ne pas abandonner l'UMTS était le risque de « rétorsion » de la part du régulateur, en rendant très difficiles les négociations de prolongation de la licence GSM. L'une des actions identifiées par l'analyse optionnelle aurait donc été de lancer une opération de lobbying auprès du régulateur pour se ménager une porte de sortie en cas d'abandon de l'UMTS.

Ceci ne signifie pas que d'autres outils de management n'aident pas à structurer l'analyse du projet. Par exemple, les simulations de Monte Carlo sur la VAN et le calcul de la VaR ont permis de mettre en évidence les principales sources d'incertitude. Les managers de Mobitel étaient bien conscients de ces incertitudes, et ont réalisé des projets pilotes pour l'UMTS, dans l'objectif d'effectuer des réglages techniques, mais aussi d'obtenir des informations sur la taille potentielle du marché.

Toutefois, l'analyse optionnelle apporte le bénéfice supplémentaire de discipliner le processus de décision (Amram & Kulatilaka, 1999; McGrath *et al.*, 2004). En effet, l'analyse optionnelle ne se résume pas à un calcul de valeur d'option. Elle nécessite de passer par des étapes bien précises. En particulier, une analyse fine des moyens nécessaires à la réduction d'incertitude, et l'élaboration de scénarios alternatifs en cas d'abandon du projet, sont nécessaires. Cet effort consacré à structurer l'analyse optionnelle peut alors être utilisé pour guider le processus de décision jusqu'à expiration de l'option.

De plus, le calcul de la valeur d'option permet au management d'obtenir un ordre de grandeur sur les dépenses qui doivent être consacrées à ces actions de suivi. Pennings et Lint (2000) utilisent les options réelles pour déterminer si un nouveau produit doit être introduit immédiatement, ou plutôt être testé au préalable sur la base d'un déploiement partiel. Simultanément, le modèle d'option indique la taille optimale du déploiement partiel qui permettra de réduire l'incertitude.

D'une façon similaire, nous pouvons considérer que la différence entre la valeur de l'option d'attente (341 UM) et la valeur du projet en cas de lancement immédiat (192 UM) correspond à la somme maximale que l'on pourrait allouer à des actions de réduction d'incertitude (réalisation de tests « grandeur nature », veille active des autres pays européens, etc.) et à des actions permettant le maintien d'un projet alternatif (actions de lobbying auprès du régulateur, travaux de R&D sur les technologies alternatives, etc.).

De même, la différence entre la valeur des deux options d'attente « UMTS » et « UMTS+EDGE » indique le coût maximal que l'on pourrait consacrer à des actions permettant le déploiement d'un réseau EDGE (par exemple, surcoût payé dans les opérations de maintenance du réseau pour pouvoir plus facilement migrer vers la technologie EDGE).

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a permis de montrer, sur la base d'une étude de cas réelle, l'intérêt des options réelles pour la décision de lancement d'une nouvelle technologie dans un univers concurrentiel. La contribution de ce chapitre est double.

Tout d'abord, cette étude de cas démontre l'intérêt pratique des options réelles comme outil de valorisation de projet.

Les outils d'aide à la décision « classiques » comme la VAN et la VaR ont présenté dans cette étude deux principaux inconvénients : D'une part, ils incluaient des configurations peu réalistes, et donnaient une idée trompeuse de la rentabilité du projet. D'autre part, ils ne permettaient pas de trancher entre les bénéfices et les risques d'un report du déploiement.

Les options réelles ont permis de résoudre ces deux problèmes, et de fournir une recommandation pertinente sur le *timing* optimal de l'investissement.

Quelques autres études de cas¹¹³ ont déjà démontré l'intérêt de valoriser l'option de report, mais avec des données souvent très simplifiées, et pas dans un contexte concurrentiel. Plus spécifiquement, dans l'industrie des télécommunications, l'article d'Harmantzis et Tanguturi (2007) a étudié de façon nettement moins détaillée qu'ici la décision de report de l'investissement dans la « 3G » : les auteurs ne disposaient pas de données réelles ; ils ont eu recours pour la valorisation au modèle standard de Black & Scholes, et n'ont pas modélisé l'impact de la concurrence.

Du point de vue de la valorisation, nous pouvons tirer plusieurs enseignements de cette étude de cas.

Premièrement, ce cas a révélé que les caractéristiques de l'option à valoriser n'apparaissent pas spontanément. Ainsi, contrairement à ce que suggère la littérature, une décision d'investissement peut être considérée comme une option européenne, même si elle peut être en principe exécutée à tout moment. Nous nous trouvons dans un tel cas de figure si la révélation d'information intervient seulement à la fin de la vie de l'option.

Deuxièmement, cette étude a fait apparaître des différences importantes entre les différentes méthodes de valorisation, tant du point de vue de la qualité des résultats que de la facilité d'utilisation. **Par rapport à la formule de Black et Scholes et aux arbres binomiaux, nous avons pu constater que la méthode par les simulations de Monte Carlo permettaient de mieux prendre en compte les spécificités du projet, et donc d'aboutir à une valorisation plus pertinente.**

D'autre part, alors que les méthodes « classiques » de valorisation d'option nécessitent des paramètres globaux difficiles à estimer, la méthode par les simulations de Monte Carlo raisonne à partir du profil de risque des différentes sources d'incertitude du projet. Ceci incite les managers à développer une vision précise des risques du projet, et permet aux membres du comité exécutif de juger de la pertinence de la valorisation.

La deuxième principale contribution de cette étude est de montrer le rôle que peuvent jouer les options réelles dans le processus de décision.

La littérature aborde généralement les options réelles comme un simple outil de valorisation, qui est utilisé par un acteur unique pour prendre une décision à un moment précis dans le temps.

Cette étude de cas a illustré l'intérêt des options réelles pour faciliter un processus de décision impliquant différents groupes poursuivant des objectifs distincts.

D'autre part, elle a montré que la contribution des options réelles ne se limite pas à la décision initiale. Les options réelles devraient d'avantage être considérées comme une approche qui guide l'organisation tout au long du processus de décision. En particulier, elles incitent le management à réfléchir de façon active aux leviers d'action qui existent face à l'aléa (ici, la possibilité de déployer EDGE, ou encore de renforcer le GSM en attendant la « 3.5 / 4G »), et rendent donc l'abandon du

¹¹³ Cf. Section 1, § 1.2. : *Les options réelles : un outil prometteur pour déterminer la date optimale d'investissement.*

projet plus facile si nécessaire. Elles permettent également d'identifier et de chiffrer les actions qui permettront de prendre la meilleure décision par la suite (actions de réduction de l'incertitude, actions permettant de maintenir l'option en vie).

Cette étude de cas présente plusieurs limites.

En matière de valorisation, nous n'avons pas traité le problème du taux d'actualisation en marché incomplet.¹¹⁴

Une autre limite plus spécifique à cette étude de cas est que nous avons représenté ici un processus de décision stylisé. En réalité, la décision de déploiement d'un nouveau réseau est étalée sur une période de temps assez longue. Elle peut être décomposée en au moins deux phases : l'acquisition des sites sur lesquels les stations de bases seront installées, puis le déploiement de l'équipement, « hardware » et logiciel. En conséquence, l'étude de cas aurait dû idéalement analyser l'investissement comme un processus continu, plutôt que comme une décision en un bloc.

Enfin, la valorisation de l'option d'attente a été effectuée ici en modélisant la stratégie de Comptel en fonction de celle de Mobitel, mais avec des probabilités subjectives. Il serait plus approprié de modéliser la stratégie de Comptel en ayant recours à la théorie des jeux.

Le croisement des options réelles et de la théorie des jeux a donné lieu au développement d'une littérature relativement abondante mais elle reste essentiellement de nature théorique.¹¹⁵ Il serait donc particulièrement intéressant de tester ces modèles dans la pratique, et de les adapter à cette étude de cas.

A cet égard, deux principales possibilités pourraient être explorées. La première est de développer des modèles fondés sur des arbres de décision (voir par exemple Smit & Ankum, 1993), qui sont pour les managers beaucoup plus accessibles que les modèles analytiques. La seconde est d'utiliser des simulations numériques, qui permettent de travailler sur des hypothèses nettement moins contraignantes que celles des modèles analytiques (voir par exemple Murto *et al.*, 2004).

¹¹⁴ Cf. Chapitre 3, section 2, § II.2.4. *Une grande difficulté à estimer la valeur des paramètres utilisés par les modèles*

¹¹⁵ cf. Chapitre 1, section 2, § II.3.3. *Modèles d'option en univers concurrentiel*

